

OPTICAL HEAD, RECORDING AND/OR REPRODUCING DEVICE AND THICKNESS DETECTION

Patent Number: JP2000011402
Publication date: 2000-01-14
Inventor(s): SUZUKI JUNICHI; KUBO TAKESHI; UEDA MITSUNORI; ABE TSUGUHIRO
Applicant(s):: SONY CORP
Requested Patent: ☐ JP2000011402 (JP00011402)
Application Number: JP19980173520 19980619
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B7/09 ; G11B7/135
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect a light transparent layer thickness without a special device by separating the exit light of a light source to two luminous fluxes varying in focal lengths and detecting the light transparent layer thickness by first and second focus error signals of the respective return light rays of the respective separated luminous fluxes reflected by a recording layer and the light transparent layer.

SOLUTION: The exit light of the light source 7 is collimated by a collimator lens 9 to parallel beams via a polarization beam splitter 8. These parallel beams are diffracted at the time of passing a hologram element 10 and are separated to zero order light and first order light varying in focus positions. These light beams are condensed by an objective lens 11 and are made incident on an optical disk 2. The zero order light past the hologram element and the diffracted first order light are respectively condensed onto the recording layer and the light transparent layer 4 via the light transparent layer 4 to form spots. These light beams are reflected and are returned in the same route so as to be admitted to a photodetector 12. The focus error signals by the return light from the recording layer and the light transparent layer 4 are detected by first and second photodetecting parts 12a, 12b. As a result, the focus error signals as the deviation quantity from the regulated quantity of the light transparent layer 4 are obtd. and thickness error detection is executed.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-11402
(P2000-11402A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 1 1 B	7/09	G 1 1 B	B 5 D 1 1 8
	7/135		Z 5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平10-173520

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998.6.19)

(71) 出願人 000002185
ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号
(72) 発明者 鈴木 潤一
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(72) 発明者 久保 毅
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内
(74) 代理人 100067736
弁理士 小池 晃 (外2名)

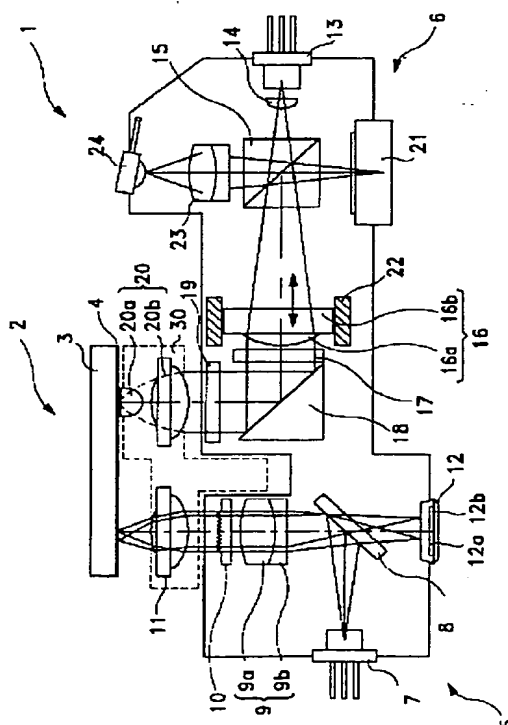
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学ヘッド、記録及び／又は再生装置並びに厚み検出方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、球面収差を抑えることが可能な光学ヘッド並びに記録及び／又は再生装置、並びに光透過層の厚み検出方法を提供する。

【解決手段】 この光学ヘッドは、記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドであって、光源と、光を上記情報記録媒体上に集光させる対物レンズと、光を焦点距離が異なる2つの光束に分離する第1の光学素子と、所定の屈折力を有する第2の光学素子と、上記第2の光学素子を移動させる移動手段と、光検出器とを備える。そして、本発明の光学ヘッドは、上記検出器は、上記第1の光学素子で分離された一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から検出される第1のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から検出される第2のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出する。



光学ヘッドの一例は図

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドであって、光を出射する光源と、

上記光源から出射された光を上記情報記録媒体上に集光させる対物レンズと、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、上記光源から出射された光を、焦点距離が異なる 2 つの光束に分離する第 1 の光学素子と、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する第 2 の光学素子と、

上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記第 2 の光学素子を移動させる移動手段と、

上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射した戻り光を受光する光検出器とを備え、

上記光検出器は、上記第 1 の光学素子で分離された一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から検出される第 1 のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から検出される第 2 のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項 2】 上記第 1 の光学素子は、ホログラム素子からなることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 3】 上記第 1 の光学素子で分離された 2 つの光束の焦点距離の差は、上記光透過層の厚みの規定値と略等しいことを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 4】 上記第 1 の対物レンズは、上記第 1 の光学素子で分離された 2 つの光束のうち、一方の光束を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させ、他方の光束を上記光透過層上に集光させることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 5】 上記第 2 の光学素子は、コリメータレンズからなることを特徴とする請求項 1 記載の光学ヘッド。

【請求項 6】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う記録及び／又は再生装置であって、上記情報記録媒体に対して上記光透過層を介して上記記録層に光を照射するとともに、その反射光を検出する光学ヘッドを備え、

上記光学ヘッドは、光を出射する光源と、

上記光源から出射された光を上記情報記録媒体上に集光させる対物レンズと、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、上記光源から出射された光を、焦点距離が異なる 2 つの光束に分離する第 1 の光学素子と、

上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する第 2 の光学素子と、

上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記第 2 の光学素子を移動させる移動手段と、

上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射した戻り光を受光する光検出器とを備え、

上記光検出器は、上記第 1 の光学素子で分離された一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から検出される第 1 のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から検出される第 2 のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする記録及び／又は再生装置。

【請求項 7】 上記第 1 の光学素子は、ホログラム素子からなることを特徴とする請求項 6 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 8】 上記第 1 の対物レンズは、上記第 1 の光学素子で分離された 2 つの光束のうち、一方の光束を上記光透過層を介して上記記録層上に集光させ、他方の光束を上記光透過層上に集光させることを特徴とする請求項 6 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 9】 上記第 1 の光学素子で分離された 2 つの光束の焦点距離の差は、上記光透過層の厚みの規定値と略等しいことを特徴とする請求項 6 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 10】 上記第 2 の光学素子は、コリメータレンズからなることを特徴とする請求項 6 記載の記録及び／又は再生装置。

【請求項 11】 情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体の上記光透過層の厚みを検出するに際し、光源から光を出射し、

上記光源から出射された光を、焦点距離が異なる 2 つの光束に分離し、

上記 2 つの光束に分離された光を、上記情報記録媒体上に集光させ、

一方の光束が上記光透過層を介して上記記録層で反射された戻り光から得られる第 1 のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から得られる第 2 のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする厚み検出方法。

【請求項 12】 上記分離された 2 つの光束の焦点距離の差は、上記光透過層の厚みの規定値と略等しいことを特徴とする請求項 11 記載の厚み検出方法。

【請求項 13】 上記光源から出射された光を、ホログラム素子によって 2 つの光束に分離することを特徴とする請求項 11 記載の厚み検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ディスク等のような情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う際

(3)

に使用される光学ヘッド、並びにそのような光学ヘッドを備えた記録及び／又は再生装置に関する。また、本発明は、記録層上に光透過層が形成されてなる情報記録媒体の光透過層の厚み検出方法に関する。

【0002】

【従来の技術】再生専用光ディスク、相変化型光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等の如き情報記録媒体は、映像情報、音声情報又はコンピュータ用プログラム等のデータを保存するために、広く使用されている。そして、これらの情報記録媒体に対する高記録密度化及び大容量化の要求は、近年ますます強くなっている。

【0003】このような情報記録媒体の記録密度を上げるには、光学ヘッドに搭載される対物レンズの開口数NAを大きくするとともに、使用する光の波長 λ を短くして、対物レンズによって集光される光のスポット径を小径化することが有効である。

【0004】そこで、例えば、デジタル光ディスクとして比較的初期に実用化されたCD（コンパクトディス

$$W_{40} = \{ \Delta t (n^2 - 1) / (8 n^3) \} NA^4 \dots (1)$$

上記式(1)に示すように、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差は、開口数NAの4乗に比例して増加する。従って、特に開口数NAを大きくした場合、この球面収差の発生を抑えることが非常に重要となる。

【0007】この球面収差を抑えるためには、上記式(1)からも分かるように、光透過層の厚さの公差を厳しくして、光透過層の厚み誤差を小さくすることが効果

$$-0.00388/NA^4 \leq \Delta t \leq +0.00388/NA^4 \dots (2)$$

しかしながら、光透過層の厚さの公差を厳しくすることは非常に困難である。光透過層の厚さを一定に変更することは量産システムにおいて大きな工程変更ではないが、光透過層の厚み誤差の大きさは情報記録媒体の製造方法に依存するため、その精度を上げることは非常に困難であり、たとえ実現したとしても、大幅な工程変更等が必要であり、製造コストの大幅な上昇を伴ってしまう。従って、球面収差を抑えるために光透過層の厚さの公差を厳しくすることは、あまり有効な手段とは言えない。

【0009】本発明は、以上のような従来の実情に鑑みて提案されたものであり、開口数NAを大きくしても球面収差を抑えることが可能な光学ヘッド並びに記録及び／又は再生装置を提供することを目的としている。また、本発明は、記録層上に光透過層が形成されてなる情報記録媒体の上記光透過層の厚み誤差を簡便に検出することのできる厚み検出方法を提供することも目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の光学ヘッドは、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドであって、光を出射する光源と、上記光源から出射された光を上記情報記録媒体上に

ク)では、対物レンズの開口数NAが0.45、使用する光の波長が780nmとされているのに対して、コンパクトディスクよりも高記録密度化及び大容量化がなされたデジタル光ディスクであるDVDでは、対物レンズの開口数NAが0.6、使用する光の波長が650nmとされている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、通常、光ディスク等のような情報記録媒体は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有しており、この光透過層を介して記録層に光を照射することにより記録や再生が行われる。このとき、光透過層の厚さに誤差があり、規定値からずれていると、当該誤差に起因して球面収差が生じる。この球面収差のうち、例えば3次の球面収差 W_{40} は、下記式(1)で表される。なお、下記式(1)において、 Δt は光透過層の厚み誤差、 n は光透過層の屈折率、NAは対物レンズの開口数である。

【0006】

的である。例えば、DVDにおいて光透過層の厚さの公差は $\pm 0.03 \mu\text{m}$ であり、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差をDVDの場合（すなわち開口数NAが0.6の場合）と同程度に抑えるには、光透過層の厚み誤差 Δt を下記式(2)を満たす範囲内とすればよい。

【0008】

集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配され、上記光源から出射された光を焦点距離が異なる2つの光束に分離する第1の光学素子と、上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する第2の光学素子と、上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記第2の光学素子を移動させる移動手段と、上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射した戻り光を受光する光検出器とを備える。そして、本発明の光学ヘッドは、上記光検出器は、上記第1の光学素子で分離された一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から検出される第1のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から検出される第2のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする。

【0011】以上のような本発明に係る光学ヘッドでは、フォーカスエラー信号から光透過層の厚さを検出しているので、特別な装置を必要とすることなく簡便に光透過層の厚さが検出される。さらに、本発明に係る光学ヘッドでは、上記第2の光学素子を、光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように、移動手段により移動するようにしている。したがって、光透過層に厚み誤差があったとしても、当該厚み誤差に起因する球面収差の

(4)

発生を抑えることができる。

【0012】本発明の記録及び／又は再生装置は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体に対して記録及び／又は再生を行う記録及び／又は再生装置であって、上記情報記録媒体に対して上記光透過層を介して上記記録層に光を照射するとともに、その反射光を検出する光学ヘッドを備え、上記光学ヘッドは、光を出射する光源と、上記光源から出射された光を上記情報記録媒体上に集光させる対物レンズと、上記光源と上記対物レンズとの間に配され、上記光源から出射された光を焦点距離が異なる2つの光束に分離する第1の光学素子と、上記光源と上記対物レンズとの間に配され、所定の屈折力を有する第2の光学素子と、上記光透過層の厚さに応じて、球面収差を打ち消すように上記第2の光学素子を移動させる移動手段と、上記対物レンズによって上記情報記録媒体上に集光され当該情報記録媒体で反射した戻り光を受光する光検出器とを備える。そして、本発明の記録及び／又は再生装置は、上記光検出器は、上記第1の光学素子で分離された一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から検出される第1のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から検出される第2のフォーカスエラー信号とから、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする。

【0013】以上のような本発明に係る記録及び／又は再生装置では、フォーカスエラー信号から光透過層の厚さを検出しているので、特別な装置を必要とすることなく簡便に光透過層の厚さが検出される。さらに、本発明に係る記録及び／又は再生装置では、上記第2の光学素子を、光透過層の厚さに応じて球面収差を打ち消すように、移動手段により移動するようにしている。したがって、光透過層に厚み誤差があったとしても、当該厚み誤差に起因する球面収差の発生を抑えることができる。

【0014】本発明の厚み検出方法は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体の上記光透過層の厚みを検出するに際し、光源から光を出射し、上記光源から出射された光を焦点距離が異なる2つの光束に分離し、上記2つの光束に分離された光を、上記情報記録媒体上に集光させ、一方の光束が上記記録層で反射された戻り光から得られる第1のフォーカスエラー信号と、他方の光束が上記光透過層の表面で反射された戻り光から得られる第2のフォーカスエラー信号とか

$$W_{40} = \{ \Delta t (n^2 - 1) / (8n^3) \} NA^4 \quad \dots (1)$$

この式(1)は、縦収差量を対物レンズの開口数NAでテイラー展開し、波面収差に換算したものである。すなわち、開口数NAを正弦関数で表し展開すると下記式

(3)で表され、この式(3)の右辺第2項より求めた

$$\sin(\theta) = x - x^3/6 + x^5/120 - x^7/5040 + o(x)^8 \quad \dots (3)$$

しかしながら、上記式(3)からも分かるように、実際には更に高次の収差が存在する。そして、上記式(3)

ら、上記光透過層の厚さを検出することを特徴とする。

【0015】上述したような本発明に係る厚み検出方法では、フォーカスエラー信号から光透過層の厚さを検出しているので、特別な装置を必要とすることなく簡便に光透過層の厚さが検出される。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0017】本発明の光学ヘッド、記録及び／又は再生装置によって情報の記録再生が行われる光ディスクは、例えば、基板と、基板上に形成され情報信号を記録する記録層と、記録層上に形成された光透過層とを備えている。ここで、光透過層は、記録層を保護する保護層となるものである。

【0018】なお、ここでは、相変化型の光ディスク2に対して記録再生を行う光学ヘッド1を例に挙げるが、本発明は、情報信号が記録される記録層上に光透過層を有する情報記録媒体用の光学ヘッドに対して広く適用可能であり、記録及び／又は再生の対象となる情報記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等であってもよい。

【0019】そして、このような光ディスクに対する情報信号の記録再生は、光源から発せられた光を対物レンズによって記録層上に集光させることにより行われる。このとき、基板の側からではなく、基板よりも遥かに膜厚が薄い光透過層の側から光が入射される。このように、記録層に至るまでの厚さが薄い方の側から光を入射するようにすることで、収差の発生を抑制することができる。従来のCDやDVD以上の高記録密度化及び大容量化を図ることができる。

【0020】光ディスクの記録層上に光を集光して記録再生を行うとき、光ディスクの光透過層の厚み誤差によって発生する主な収差に、球面収差が挙げられる。以下、光透過層の厚み誤差により発生する球面収差について説明する。

【0021】光透過層に厚み誤差があると、上述したように、式(1)で表されるような3次の球面収差 W_{40} が発生する。なお、以下に挙げる式において、 Δt は光透過層の厚み誤差、 n は光透過層の屈折率、NAは対物レンズの開口数である。

【0022】

波面収差が、上記式(1)で表される3次の球面収差である。

【0023】

の右辺第3項より求めた波面収差量は、5次の球面収差 W_{60} と呼ばれる量であり、下記式(4)で表される。

(5)

【0024】

$$W_{60} = \{\Delta t (n^2 - 1) (n^2 + 3) / 48 n^5\} NA^6 \quad \dots (4)$$

そして、光透過層の厚み誤差によって発生する3次の球面収差 W_{40} と5次の球面収差 W_{60} との合計は、上記式

【0025】

(1)と上記式(4)の合計であり、下記式(5)で表

$$W \approx W_{40} [1 + \{(n^2 + 3) / 6 n^2\} NA^2] \quad \dots (5)$$

なお、縦収差量は、上記式(5)を開口数 NA で微分することにより求め、下記式(6)で表される。

【0026】

$$\delta S = \{\Delta t (n^2 - 1) / 2 n^3\} NA^3 [1 + \{(n^2 + 3) / 4 n^2\} NA^2] \quad \dots (6)$$

上記式(1)で表される3次の球面収差 W_{40} は、各光学面で発生する収差の和で表すことができる。従って、3次の球面収差 W_{40} だけならば、光源10から光透過層までのどこかに反対符号の球面収差を発生する光学素子を配置することで補正することが可能である。しかしながら、上記式(5)から分かるように、光透過層の屈折率 n が小さいほど、また対物レンズの開口径 NA が大きいほど、光透過層の厚み誤差 Δt によって発生する球面収差において、5次の球面収差 W_{60} の寄与が大きくなり、3次の球面収差 W_{40} を補正するだけでは済まなくなってしまう。

【0027】ここで、3次の球面収差 W_{40} は、光透過層の屈折率 n が $3^{1/2}$ (≈ 1.732)のときに最大となり、光透過層の屈折率 n がこれよりも小さくなると急激に減少する。そして、通常、光透過層の屈折率 n は1.5程度である。従って、光透過層の屈折率 n が小さくなることにより、5次の球面収差 W_{60} の寄与が大きくなったとしても、この5次の球面収差 W_{60} は、全体の収差量の減少に隠れて、あまり問題とはならない。

【0028】一方、上述したように、対物レンズの開口径 NA が大きくなった場合にも、5次の球面収差 W_{60} の寄与が大きくなるが、このときの5次の球面収差 W_{60} の増大は無視できない。例えば、開口径 NA が大きくなり、球面収差全体における5次の球面収差 W_{60} の割合が最大となった場合には、5次の球面収差 W_{60} が球面収差全体の40%程度まで占めることがあり得る。従って、特に、開口径 NA の大きな系では、5次の球面収差 W_{60} の影響を十分に考慮する必要がある。

【0029】具体的には、例えば、開口径 $NA=0.6$ 、光透過層の屈折率 $n=1.5$ のとき、光透過層の厚み誤差 Δt が $30 \mu m$ であったとする。このとき、当該厚み誤差 Δt に起因する縦収差量を、5次の球面収差 W_{60} を考慮した上記式(6)より求めると、約 $1.452 \mu m$ となる。一方、開口径 $NA=0.85$ 、光透過層の屈折率 $n=1.5$ のとき、光透過層の厚み誤差 Δt が $30 \mu m$ であったとする。このとき、当該厚み誤差 Δt に起因する縦収差量を、同様に上記式(6)より求めると、約 $4.850 \mu m$ となる。すなわち、光透過層の厚み公差を $\pm 0.03 mm$ としたとき、開口径 NA が0.6ならば、光透過層の厚み誤差 Δt に起因する縦収差量

は $1.452 \mu m$ 以下となるが、開口径 NA を0.85とすると、特に5次の球面収差 W_{60} が大きくなり、当該縦収差量が最大で $4.850 \mu m$ にもなってしまう。

【0030】さて、光ディスクから情報の記録再生を行う場合には、上述した球面収差等、光透過層の厚み誤差に起因する収差が許容範囲内に納まるように、バランス良く補正を行うことが望まれる。

【0031】以下、本発明に係る光学ヘッド1について説明する。

【0032】本発明に係る光学ヘッドの一例を図1に示す。この光学ヘッド1は、相変化型的光ディスク2に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドである。この光学ヘッド1によって記録再生がなされる光ディスク2は、基板3の上に、相変化によって情報信号を記録する記録層が形成されるとともに、この記録層上に、光透過層4が形成されてなる。そして、この光ディスク2は、光透過層4側から光を入射させて、記録再生を行うようになっている。

【0033】この光学ヘッド1は、光ディスク2の光透過層4の厚みを検出する第1の光学系5と、光ディスク2に情報の記録再生を行う第2の光学系6とを備えている。そして、この第2の光学系6では、光ディスク2に情報の記録再生を行う際に、第1の光学系5で検出された光ディスク2の光透過層4の厚みに基づいて、光ディスク2の光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正している。

【0034】第1の光学系5は、光源7と、偏光ビームスプリッタ8と、コリメータレンズ9と、ホログラム素子10と、対物レンズ11と、光検出器12とを備えている。

【0035】光源7は、光ディスク2に向かって光を出射する。この光源7には、波長が $635 nm \sim 650 nm$ 程度の短波長レーザを発する半導体レーザが用いられる。光源7から出射されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ8で反射してコリメータレンズ9に入射する。

【0036】コリメータレンズ9に入射したレーザ光は、当該コリメータレンズ9によって平行光とされる。このコリメータレンズ9は、例えば、2枚の球面レンズ9a、9bが貼り合わされてなる。そして、コリメータレンズ9で平行光とされたレーザ光は、ホログラム素子

(6)

10に入射する。

【0037】ホログラム素子10に入射したレーザ光は、当該ホログラム素子10を透過する際に、回折されて、焦点位置の異なる0次光と1次光とに分離される。

【0038】このホログラム素子10の一例を図2及び図3に示す。ホログラム素子10は、図2及び図3に示すように、鋸歯状又は階段状等の凹凸が同心円の輪帯状に形成されている。これらの凹凸の深さは、当該ホログラム素子10で0次光と1次光に分離された光の焦点が所定の長さ、例えば光ディスク2の光透過層4の厚み分だけずれるように光を分離し、そして、それ以外の次数の回折光はほとんど0となるように最適化されている。また、同心円状に形成された凹凸の輪帯ピッチは、1次回折光が対物レンズ11を経てディスク表面上に集光されるとき、その球面収差を補正するように最適化されている。また、これらの凹凸は、光束を光透過層4の厚み検出用に最適なNAに制限するために対物レンズ11の有効径よりも小さい領域に形成してある。そして、図1に示すように、ホログラム素子10から出射したレーザ光は、対物レンズ11に入射する。

【0039】対物レンズ11に入射したレーザ光は、当該対物レンズ11によって集光され、光ディスク2に入射する。このとき、図4に示すように、ホログラム素子10で0次光と1次光に分離された光のうち、ホログラム素子10をそのまま通過した0次光は、光透過層4を介して記録層上に集光されてスポットを形成し、ホログラム素子10で回折された1次光は、光透過層4表面上に集光されてスポットを形成する。ここで、図4は、0次光及び1次光が、光ディスク2に入射する様子を拡大して示した図である。なお、図4においては、0次光を実線で示し、1次光を点線で示している。また、この対物レンズ11は、2軸アクチュエータ30に搭載されており、光軸方向及び光軸に垂直な方向に沿って移動可能となされている。

【0040】上述のように、対物レンズ11によって集光され光ディスク2に入射したレーザ光は、光ディスクで反射して戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って対物レンズ11を透過した後、コリメータレンズ9によって収束光とされる。そして、偏光ビームスプリッタ8を透過して光検出器12に入射し、この光検出器12によって検出される。

【0041】以下、このような第1の光学系5を用いて、光ディスク2の光透過層4の厚みを検出する方法について説明する。

【0042】まず、光源7からレーザ光を出射する。光源7から出射されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ8で反射して、コリメータレンズ9に入射する。コリメータレンズ9に入射したレーザ光は、当該コリメータレンズ9によって平行光とされる。そして、コリメータレンズ9によって平行光とされたレーザ光は、ホログラム

素子10に入射する。

【0043】ホログラム素子10に入射したレーザ光のうち、約50%の光は0次光（透過光）としてそのままホログラム素子10を透過し、また、残りの約50%の光はほとんどが回折されて1次光となる。このとき、0次光の焦点と1次光の焦点とが、光ディスク2の光透過層4の厚みに略等しい長さ、具体的には、例えば約0.1mmだけ、光透過層4の厚み方向にずれるように、このホログラム素子10の凹凸が光学設計的に最適化されている。また、1次光以外の次数の回折光は0次光及び1次光に比較して遥かに小さいため、ホログラム素子10によって分離された光はほとんど0次光と1次光との2つの光束とみなすことができる。

【0044】そして、ホログラム素子10を透過した0次光は、図4に示すように、光透過層4を介して、対物レンズ11によって記録層上にスポットを結ぶ。このとき、1次光以外の回折光は、0次光に比べて非常に小さいため、これらの回折光によるスポットはほとんど無視できる。

【0045】一方、ホログラム素子10によって回折された1次光は、0次光に対して例えば約0.1mmだけ光透過層4の厚み方向にオフセットし、対物レンズ11によって光透過層4表面にスポットを結ぶ。このとき、1次光以外の回折光は1次光に比べて非常に小さいため、これらの回折光によるスポットはほとんど無視できる。

【0046】上述のように、対物レンズ11によって集光され光ディスク2に入射したレーザ光は、記録層又は光透過層4の表面で反射して戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って対物レンズ11を透過した後、コリメータレンズ9によって収束光とされる。そして、偏光ビームスプリッタ8を透過して光検出器12に入射し、この光検出器12によって検出される。なお、光ディスク2の光透過層4の表面又は記録層で反射した戻り光の一部は、ホログラム素子10によって回折されるが、その回折光は上記戻り光に比べて十分に小さいため、無視することができる。

【0047】この光検出器12は、矩形状の第1の受光部12aと、第2の受光部12bとを有する。そして、0次光が光ディスク2の記録層で反射された戻り光は、第1の受光部12aに受光される。また、1次光が光ディスク2の光透過層4の表面で反射された戻り光は、第2の受光部12bに受光される。そして、この光検出器12では、第1の受光部12aで光ディスク2の記録層からの戻り光によるフォーカスエラー信号を検出し、第2の受光部12bで光ディスク2の光透過層4表面からの戻り光によるフォーカスエラー信号とを検出する。

【0048】ここで、この光検出器12では、非点収差法によりフォーカスエラー信号を得ている。以下、非点収差法について説明する。

(7)

【0049】非点収差法は図5に示すように、ビーム復路の集束光路中に平行平板の光学素子80を配し、意図的に大きな非点収差を発生させ、最小錯乱円前後のビーム形状を検出し、フォーカスエラー信号を得る方法である。

【0050】そして、非点収差法における非点収差量 δ

$$\delta_y = \{ (n^2 - 1) \sin^2 \theta \times t \} / (n^2 - \sin^2 \theta)^{3/2}$$

... (7)

図6～図8に、非点収差法における光検出器12の第1の受光部12aを示す。この第1の受光部12aは、互いに直交する2本の分割線によって4分割されている。ディスクが合焦状態で最小錯乱円位置にあるように光検出器12をセットすると、非合焦状態では、第1の受光部12a上の光量分布が楕円形状に変わるため、4分割された領域をそれぞれA、B、C、Dとすると、フォーカスエラー信号FEは、第1の受光部12aが受けた光量を電流－電圧変換増幅器によって増幅演算することにより、 $FE = (A + C) - (B + D)$ の電圧信号として得られる。

【0052】レーザ光が光ディスク2上に合焦している場合、図6に示すように、第1の受光部12a上のビームスポットの形状は略円形状である。そして、光検出器12の各領域における受光光量は $(A + C) = (B + D)$ となり、 $FE = 0$ となる。

【0053】また、レーザ光の合焦点に対して光ディスク2が遠い位置にある場合、図7に示すように、第1の受光部12a上のビームスポットの形状は楕円形となる。そして、光検出器12の各領域における受光光量は $(A + C) > (B + D)$ となり、 $FE > 0$ となる。

【0054】また、レーザ光の合焦点に対して光ディスク2が近い位置にある場合、図8に示すように、第1の受光部12a上のビームスポットの形状は楕円形となる。第1の受光部12aの各領域における受光光量は $(A + C) < (B + D)$ となり、 $FE < 0$ となる。

【0055】そして、フォーカスエラー信号は、横軸にフォーカスずれ量を取り、縦軸に当該フォーカスエラー信号の出力をとると、一般に図9に示すようなS字状の曲線となる。そして、このS字曲線の中心に位置するゼロ点がジャストフォーカス点を示す。

【0056】なお、上述した図6～図8では、光ディスク2の記録層からの戻り光を受光する第1の受光部12aを例に挙げて説明したが、光ディスク2の光透過層4の表面からの戻り光を受光する第2の受光部12bにおいても同様にしてフォーカスエラー信号が検出される。

【0057】このとき、図1に示すように、対物レンズ11は2軸アクチュエータ30に搭載されている。そして、この第1の光学系5では、ホログラム素子10を透過した0次光が、光ディスク2の記録層にジャストフォーカスするようにフォーカスサーボされている。すなわち、光ディスク2の記録層からの戻り光を受光する第1

yは、図5に示すように、光学戻りの開口の角度を θ とし、有限光中に配された平行平板の光学素子80の屈折率を n とし、上記光学素子の厚さを t として式(7)のように表すことができる。

【0051】

の受光部12aにおけるフォーカスエラー信号は0に保たれている。

【0058】ここで、ホログラム素子10を透過した0次光の焦点と、ホログラム素子10で回折された1次光の焦点とは、光ディスク2の光透過層4の規定厚みに略等しい長さだけ光軸方向にずれるようになされている。従って、光透過層4の厚みが規定値通りの場合、1次光は光透過層4の表面に合焦し、光透過層4の表面からの戻り光を受光する第2の受光部12bにおけるフォーカスエラー信号は0になる。

【0059】すなわち、光透過層4の厚みが規定値よりもずれている場合、規定値からのずれ量を、第2の受光部12bにおいてフォーカスエラー信号として検出する。光透過層4の厚みが規定値よりも薄い場合、第2の受光部12bにおけるフォーカスエラー信号は正の値となる。また、光透過層4の厚みが規定値よりも厚い場合、第2の受光部12bにおけるフォーカスエラー信号は負の値となる。

【0060】以上のように、この第1の光学系5では、光源7から出射したレーザ光を焦点距離の異なる2つの光束に分離し、一方の光束が光ディスク2の記録面にジャストフォーカスするようフォーカスサーボをかけることで、他方の光束が光ディスク2の光透過層4表面で反射した戻り光から、規定厚みからのズレ量としてのフォーカスエラー信号を得て、光透過層4の厚み誤差を検出する。

【0061】以下、第2の光学系6について説明する。

【0062】第2の光学系6は、光源13と、シリンドリカルレンズ14と、偏光ビームスプリッタ15と、コリメータレンズ16と、回折格子17と、立ち上げミラー18と、1/4波長板19と、2群対物レンズ20と、光検出器21とを備える。

【0063】光源13は、光ディスク2に向かって光を出射する。この光源13には、波長が400nm～650nm程度の短波長レーザを発する半導体レーザが用いられる。光源13から出射されたレーザ光は、シリンドリカルレンズ14に入射する。

【0064】シリンドリカルレンズ14に入射したレーザ光は、当該シリンドリカルレンズ14によってビーム整形される。そして、シリンドリカルレンズ14によってビーム整形されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ15を透過してコリメータレンズ16に入射する。

(8)

【0065】コリメータレンズ16に入射したレーザ光は、光ディスク2の光透過層4の厚さが規定値通りの場合には、当該コリメータレンズ16によって平行光とされる。なお、このコリメータレンズ16は、例えば、2枚の球面レンズが貼り合わされてなる。

【0066】また、このコリメータレンズ16は、アクチュエータ22に搭載されており、このアクチュエータ22によって、入射レーザ光の光軸に沿って前後に移動可能とされている。そして、このコリメータレンズ16は、光ディスク2の光透過層4の厚さが規定値から外れている場合には、当該光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、アクチュエータによって移動操作される。すなわち、光ディスク2の光透過層4の厚さが規定値から外れている場合、レーザ光は、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正するように、コリメータレンズ16によって発散光或いは収束光とされる。そして、コリメータレンズ16から出射したレーザ光は、回折格子17に入射する。

【0067】回折格子17に入射したレーザ光は、当該回折格子17によって回折されて3ビームとされる。この回折格子17は、いわゆる3スポット法によるトラッキングサーボを可能とするために、レーザ光を少なくとも3つに分離するためのものである。そして、回折格子17から出射したレーザ光は、立ち上げミラー18によってその進行方向を折り曲げられて1/4波長板19に入射する。

【0068】1/4波長板19に入射したレーザ光は、当該1/4波長板19によって直線偏光から円偏光とされる。そして、1/4波長板19から出射したレーザ光は、2群対物レンズ20に入射する。

【0069】2群対物レンズ20に入射したレーザ光は、当該2群対物レンズ20によって集光され、光透過層4を介して光ディスク2の記録層上に入射する。なお、この2群対物レンズ20は、例えば、2枚の球面レンズ20a、20bが貼り合わされてなる。また、この2群対物レンズ20は、2軸アクチュエータ30に搭載されており、光軸方向及び光軸に垂直な方向に沿って移動可能となされている。

【0070】上述のように2群対物レンズ20によって集光され光ディスク2の記録層に入射した入射レーザ光は、記録層で反射して戻り光となる。この戻り光は、元の光路を辿って2群対物レンズ20を透過した後、コリメータレンズ16によって収束光とされた後、偏光ビームスプリッタ15で反射して光検出器21に入射し、この光検出器21によって信号が検出される。

【0071】また、この第2の光学系6は、図1に示すように、偏光ビームスプリッタ15により反射されたレーザ光を集光する集光レンズ23と、この集光レンズに集光されたレーザ光を受光して、その受光量に基づいて、光源13から出射されるレーザ光の出力を自動調整

する出力調整用光検出器24とを備えている。

【0072】そして、この光学ヘッド1では、第1の光学系5の対物レンズ11と、第2の光学系6の2群対物レンズ20とが、2軸アクチュエータ30に搭載されて、2軸方向に駆動変位することにより、光ディスク2に対するトラッキング制御及びフォーカシング制御が行われる。

【0073】図10及び図11に、2軸アクチュエータ30の一構成例を示す。この2軸アクチュエータ30は、2群対物レンズ20と対物レンズ11とが取り付けられるボビン31と、このボビン31を互いに直交する2軸方向に移動させる電磁駆動機構32とを備えている。

【0074】ボビン31は、図10及び図11に示すように、天板を有する略円筒状に形成され、中心部を支軸33によって支持されている。そして、ボビン31は、支軸33の軸線方向に摺動可能であって支軸33の軸回り方向に回転可能に支持されている。このボビン31には、2群対物レンズ20と対物レンズ11とが、支軸33を挟んで点対称な位置に配され、光軸が互いに平行となるように設けられている。

【0075】ボビン31を駆動変位させる電磁駆動機構32は、図10及び図11に示すように、フォーカシング用マグネット34及びフォーカシング用ヨーク35、36と、トラッキング用マグネット37及びトラッキング用ヨーク38とを有する磁気回路と、フォーカシング用コイル39及びトラッキング用コイル40とを備えて構成されている。

【0076】また、この電磁駆動機構32のトラッキング用コイル40の内方には、図11に示すように、ボビン31の中立位置を位置決めするための金属片41が固定されて設けられている。ボビン31は、金属片41が単面2極分離されたトラッキング用マグネット37の2極の境界に引きつけられることによって、第2の方向であるトラッキング方向の中立位置に位置決めされるとともに第1の方向であるフォーカシング方向の中立位置に位置決めされる。また、ボビン31は、支軸33が立設された支持基台上に、弾性を有するゴム等によって構成された中立点支持機構によって中立位置に保持される。

【0077】このように中立位置に保持されたボビン31は、電磁駆動機構32によって駆動変位されることによって支軸33の軸線方向に摺動され、さらに支軸33の軸回り方向に回転される。

【0078】すなわち、この電磁駆動機構32は、フォーカシング用コイル39にフレキシブル基板41を介してフォーカシングエラー信号が供給されることにより、ボビン31を支軸33の軸線方向に駆動変位させる。そして、ボビン31が支軸33の軸線方向に摺動変位されることによって、対物レンズ11及び2群対物レンズ20の光ディスク2に対するフォーカシング制御が行われ

(9)

る。

【0079】また、この電磁駆動機構32は、トラッキング用コイル40にフレキシブル基板41を介してトラッキングエラー信号が供給されることにより、ポビン31を支軸33の軸回り方向に回動変位させる。そして、ポビン31が支軸33の軸回り方向に回動変位されることによって、対物レンズ11及び2群対物レンズ20の光ディスク2に対するトラッキング制御が行われる。

【0080】なお、この光学ヘッド1では、フォーカシングサーボ方法として、いわゆる非点収差法が用いられ、トラッキングサーボ方法として、いわゆる3スポット法が用いられている。非点収差法は、第3の光ディスク28からの反射レーザ光を例えば検出領域が4分割された光検出器21によって検出し、各検出領域から得られる検出出力の和及び／又は差を求めることによって、レーザ光の記録層に対する合焦ずれ成分であるフォーカシングエラー信号を得るようにしたものである。また、3スポット法は、光源13から出射される1本のレーザ光を回折格子17を用いて、1本の主レーザ光と2本の副レーザ光に分離し、記録トラックの中心に照射される主レーザ光の前後に2本の副レーザ光を照射する。主レーザ光の前後に照射された副レーザ光の反射レーザ光を、2つの光検出器12a、12bにより検出し、各光検出器12a、12bから得られる検出出力の差を求めることによって、主レーザ光の記録トラックに対するずれ成分であるトラッキングエラー信号を得るようにしたものである。

【0081】このような光学ヘッド1を用いて、光ディスク2からの再生を行う場合には、まず、第1の光学系5で、上述したように、光ディスク2の光透過層4の表面及び記録層におけるフォーカスエラー信号から、光ディスク2の光透過層4の厚さを検出する。

【0082】そして、第1の光学系5で検出された光ディスク2の厚みは、図示しない制御回路によって演算されて予め決められたテーブルや関数に従って判定される。そして、制御回路は、光ディスク2の厚み誤差に起因する球面収差を補正するための動作を決定し、その信号を第2の光学系6に供給する。そして、第2の光学系6では、この制御信号に基づいて、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差が最小となるように、アクチュエータ22によってコリメータレンズ16を関数的に若しくは段階的に移動させる。

【0083】この第2の光学系6では、アクチュエータ22によってコリメータレンズ16を光軸方向に沿って移動操作することで、バランスの良い補正を実現している。コリメータレンズ16を前後に動かすことで、2群対物レンズ20の光入射側の開口数NAが変化し、これにより、球面収差を補正することができる。

【0084】そして、第2の光学系6では、以上のように光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を補正した

上で、光ディスク2に対して記録再生動作を行う。このように、アクチュエータ22によってコリメータレンズ16を最適位置へ動かすことにより、ディスク厚みの誤差によって発生する球面収差を補正し、良好な信号を得ることができる。

【0085】なお、上記光学ヘッド1において、コリメータレンズ16の射出瞳径は、2群対物レンズ20の入射瞳径よりも十分に大きくしておくことが好ましい。これにより、2群対物レンズ20の光入射側の開口数NAが変化したとしても、2群対物レンズ20の光出射側の開口数NAはほぼ一定に保持され、安定な記録再生が可能となる。

【0086】また、この光学ヘッド1では、第2の光学系6において光ディスク2を再生する場合、第1の光学系5は、第2の光学系6におけるワーキングディスタンス、すなわち、光ディスク2と2群対物レンズ20との間隔を検出するための光学系としても機能する。

【0087】第2の光学系6において、2群対物レンズ20を光軸方向に沿って動かすことによりフォーカス引き込み動作を行うが、2群対物レンズ20が高開口数であるため、フォーカス引き込み範囲が狭く、ディスクと2群対物レンズ20との間の作動距離が例えば0.5mm以下とされている。そのため、ディスクの面揺れや、ディスクの高さが基準よりもずれていたりすると、フォーカス引き込み動作時に、ディスクと2群対物レンズ20とが衝突する恐れがある。

【0088】そのため、第2の光学系6でフォーカス引き込み動作を行う際に、第2の光学系6よりも広いフォーカス引き込み範囲を有する第1の光学系5を補助的に用いることで、ディスクと2群対物レンズ20との衝突を防止する。

【0089】なお、上述したような光学ヘッド1では、第1の光学系5を用いて光ディスク2からの情報信号を再生することもできる。第1の光学系5で光ディスク2からの情報信号を再生する場合には、光検出器12に入射する戻り光のうち、主光線から得られる信号のみを検出する必要がある。

【0090】すなわち、第1の光学系5で光ディスク2からの情報信号を再生する場合には、光検出器12の受光面の中央の部分に入射する戻り光の主光線を受光し、受光面の周辺部に入射する光は受光しないように、光検出器12のパターンを切り替えて行う。

【0091】そして、この光学ヘッド1では、光ディスク2を再生する際に、第1の光学系5と第2の光学系6とで、再生に用いる光学系を切り替えることにより、例えば基板3の厚みや光透過層4の厚みが異なることにより記録面のディスク厚み方向の位置が異なる光ディスク2からの情報信号をそれぞれ再生することが可能な互換性を有することとなる。

【0092】つぎに、本発明を適用した記録及び／又は

(10)

再生装置の実施の形態について、図12に示すように、上述した光学ヘッド1を備え、上述した光ディスク2に対して記録再生を行う記録再生装置50を例に挙げて説明する。

【0093】なお、ここでは、相変化型の光ディスク2に対して記録再生を行う記録再生装置50を例に挙げるが、本発明は、光学ヘッドを備えた記録及び／又は再生装置に対して広く適用可能であり、記録及び／又は再生の対象となる情報記録媒体は、再生専用光ディスク、光磁気ディスク又は光カード等であってもよい。

【0094】この記録再生装置50は、光ディスク2を回転駆動させるスピンドルモータ51と、情報信号の記録再生を行う際に使用される上記光学ヘッド1と、光学ヘッド1を動かすための送りモータ52と、所定の変復調処理を行う変復調回路53と、光学ヘッド1のサーボ制御等を行うサーボ制御回路54と、システム全体の制御を行うシステムコントローラ55とを備えている。

【0095】スピンドルモータ51は、サーボ制御回路54により駆動制御され、所定の回転数で回転駆動される。すなわち、記録再生の対象となる光ディスク2は、スピンドルモータ51にチャッキングされ、サーボ制御回路54により駆動制御されるスピンドルモータ51によって、所定の回転数で回転駆動される。

【0096】光学ヘッド1は、情報信号の記録再生を行う際、上述したように、回転駆動される光ディスク2に対してレーザ光を照射し、その戻り光を検出する。この光学ヘッド1は、変復調回路53に接続されている。そして、情報信号の記録を行う際、外部回路56から入力され変復調回路53によって所定の変調処理が施された信号が光学ヘッド1に供給され、光学ヘッド1は、変復調回路53から供給される信号に基づいて、光ディスク2に対して、光強度変調が施されたレーザ光を照射する。また、情報信号の再生を行う際、光学ヘッド1は、回転駆動される光ディスク2に対して、一定出力のレーザ光を照射し、その戻り光から再生信号を生成し、当該再生信号を変復調回路53に供給する。

【0097】また、この光学ヘッド1は、サーボ制御回路54にも接続されている。そして、情報信号の記録再生時に、回転駆動される光ディスク2によって反射されて戻ってきた戻り光から、上述したように、フォーカスサーボ信号及びトラッキングサーボ信号を生成し、それらのサーボ信号をサーボ制御回路54に供給する。

【0098】変復調回路53は、システムコントローラ55及び外部回路56に接続されている。そして、この変復調回路53は、情報信号を光ディスク2に記録する際は、システムコントローラ55による制御のもとで、光ディスク2に記録する信号を外部回路56から受け取り、当該信号に対して所定の変調処理を施す。そして、変復調回路53によって変調された信号は、光学ヘッド1に供給される。また、この変復調回路53は、情報信

号を光ディスク2から再生する際は、システムコントローラ55による制御のもとで、光ディスク2から再生された再生信号を光学ヘッド1から受け取り、当該再生信号に対して所定の復調処理を施す。そして、変復調回路53によって復調された信号は、変復調回路53から外部回路56へ出力される。

【0099】送りモータ52は、情報信号の記録再生を行う際、光学ヘッド1を光ディスク2の径方向の所定の位置に送るためのものであり、サーボ制御回路54からの制御信号に基づいて駆動される。すなわち、この送りモータ52は、サーボ制御回路54に接続されており、サーボ制御回路54により制御される。

【0100】サーボ制御回路54は、システムコントローラ55による制御のもとで、光学ヘッド1が光ディスク2に対向する所定の位置に送られるように、送りモータ52を制御する。また、サーボ制御回路54は、スピンドルモータ51にも接続されており、システムコントローラ55による制御のもとで、スピンドルモータ51の動作を制御する。すなわち、サーボ制御回路54は、情報信号の記録再生時に、光ディスク2が所定の回転数で回転駆動されるように、スピンドルモータ51を制御する。また、サーボ制御回路54は、光学ヘッド1にも接続されており、情報信号の記録再生時に、光学ヘッド1からサーボ信号を受け取り、当該サーボ信号に基づいて、光学ヘッド1に搭載された2軸アクチュエータ30によるフォーカスサーボ及びトラッキングサーボの制御を行う。

【0101】さらに、記録再生装置50において、サーボ制御回路54は、光学ヘッドの第1の光学系で検出されたフォーカスエラー信号に基づいて光ディスクの光透過層4の厚み誤差を検出する厚さ検出手段としても機能する。

【0102】なお、このような光透過層4の厚み誤差の検出は、1回だけ行うようにしてもよいが、複数回繰り返し行い、それらの平均を求めるようにすることが好ましい。すなわち、光透過層4の厚み誤差を検出する際は、2軸アクチュエータ30を所定の周波数（例えば100～200Hz程度）にて繰り返し前後に移動させて、繰り返し光透過層4の厚み誤差を求め、それらの平均を求めるようにすることが好ましい。これにより、光透過層4の厚み誤差の検出をより精度良く行うことができる。

【0103】そして、以上のように光透過層4の厚み誤差を検出したサーボ制御回路54は、コリメータレンズ用のアクチュエータ22によってコリメータレンズ16を移動させて光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差を最小とするように、光学ヘッド1に制御信号を送出する。そして、光学ヘッド1は、この制御信号に基づいて、光透過層4の厚み誤差に起因する球面収差が最小となるように、アクチュエータ22によってコリメータレ

(11)

レンズ16を移動させる。そして、記録再生装置50は、以上のように光透過層3の厚み誤差に起因する球面収差を補正した上で、従来の記録再生装置と同様に記録再生動作を行う。

【0104】以上のように、本発明を適用した記録再生装置50では、記録再生を行う前に、光透過層3の厚み誤差を測定し、その厚み誤差に起因する球面収差を補正するようにしている。従って、光ディスク2の光透過層4に厚み誤差があったとしても、球面収差の発生が抑えられ、良好な状態で記録再生を行うことができる。

【0105】

【実施例】以下、本発明を適用した光学ヘッドの光学系の要部について、その具体的な実施例を説明する。

【0106】なお、以下の説明では、コリメータレンズを含む往路光学系の具体例を挙げ、当該コリメータレンズの移動によって成される球面収差の補正について説明するが、コリメータレンズの移動距離やその精度は、通常の設計においては、対物レンズの設計によらず、対物レンズの光出射側の開口数NAと、光ディスクの記録層上に形成された光透過層の厚さとにだけ依存する。従って、以下の説明において、対物レンズについては、光出射側の開口数NAについてだけ具体的な数値を挙げ、その他のレンズデータは省略する。

【0107】また、以下の説明では、コリメータレンズとして球面貼り合わせレンズを使用した例（実施例1）と、コリメータレンズとして表面位相型のホログラムレンズを使用した例（実施例2）とを挙げるが、本発明において、コリメータレンズには任意のものが使用可能である。すなわち、コリメータレンズとして、例えば、非

球面レンズやフレネルレンズ等も使用可能であるし、或いは、いわゆる体積位相型のホログラムレンズ等も使用可能である。

【0108】＜実施例1＞本実施例の光学系を図13に示す。この光学系は、基板60aの表面に記録層が形成され当該記録層上に光透過層60bが形成されてなる光ディスク60に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドの光学系の要部であり、光源と対物レンズ61との間に、回折格子62と、偏光ビームスプリッタ63と、コリメータレンズ64と、開口絞り65とが配されてなる。ここで、コリメータレンズ64は、色消しのために、球面レンズからなる第1のレンズ64aと、球面レンズからなる第2のレンズ64bとを貼り合わせた球面貼り合わせレンズであり、その光入射側の開口数NAは0.14とされている。

【0109】この光学系のレンズデータを表1に示す。なお、表1では、この光学系のレンズデータについて、物体面をOBJ、回折格子62の光入射面をs1、回折格子62の光出射面をs2、偏光ビームスプリッタ63の光入射面をs3、偏光ビームスプリッタ63の光出射面をs4、コリメータレンズ64を構成する第1のレンズ64aの光入射面をs5、コリメータレンズ64を構成する第1のレンズ64aと第2のレンズ64bとの貼り合わせ面をs6、コリメータレンズ64を構成する第2のレンズ64bの光出射面をs7として示している。また、s8はダミー面であり、STOは、対物レンズ61に対応した開口絞り65である。

【0110】

【表1】

面番号	曲率半径	軸上間隔	屈折率 n_d	アッペ数
OBJ	∞	0.000000		
s1	∞	2.800000	1.51680	64.17
s2	∞	10.130000		
s3	∞	2.200000	1.51680	64.17
s4	∞	1.734906		
s5	22.03200	1.630000	1.78472	25.76
s6	8.21300	2.100000	1.58267	46.47
s7	-11.74000	3.265094		
s8	∞	0.000000		
STO	∞	0.000000		

【0111】ここで、光ディスク60の光透過層60bの厚さは0.1mm、対物レンズ61の開口数NAは0.85、使用する光の波長 λ は635nmとする。そして、この光学系の物像間の倍率は0.1891である。

【0112】以上のような光学系について、光透過層60bの厚み誤差と、波面収差との関係を図14に示す。なお、図14において、波面収差については、射出瞳面

上での標準偏差WFErmsを、使用する光の波長を λ として示している。また、図14において、点線A1は、コリメータレンズ64を動かしていない場合（すなわち、球面収差の補正を行っていない場合）について、光透過層60bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。また、図14において、実線A2は、点線A3に示すように光透過層60bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ64を動かした場合（すなわち、球面収差の補正

(12)

を行った場合) について、光透過層60bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。

【0113】図14に示すように、光ディスク60の光透過層60bに厚み誤差がない場合、この光学系において、波面収差は約0.003λである。そして、図14から分かるように、コリメータレンズ64を動かさない場合には、光透過層60bの厚み誤差があると波面収差が非常に大きくなってしまいが、光透過層60bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ64を動かすことにより、光透過層60bの厚み誤差によって発生する波面収差を大幅に抑制することができる。

【0114】具体的には、図14から分かるように、光透過層60bの厚さにばらつきがあったとしても、下記式(8)に示すようにコリメータレンズ64を移動させることで、波面収差を抑制することができ、これにより、例えば、光透過層60bの厚み誤差が±10μm程度の範囲内であれば、波面収差を0.01λ以下に抑えることが可能となる。

$$\Delta L \approx 2 \Delta t \quad \dots (8)$$

面番号	曲率半径 又は 位相差関数の係数	軸上間隔	屈折率 n_d	アッペ数
O B J	∞	14.000000		
s 1	$C_1: -3.5714E-02$ $C_2: 4.5549E-05$ $C_3: -1.1354E-07$ $C_4: 0.0$	1.000000	1.515014	64.17
s 2	∞	0.860000		
s 3	∞	0.000000		
S T O	∞	0.000000		
位相差関数: $m = C_1 R^2 + C_2 R^4 + C_3 R^6 + C_4 R^8$				

【0119】ここで、光ディスク70の光透過層70bの厚さは0.1mm、対物レンズ71の開口数NAは0.85、使用する光の波長λは735nmとする。そして、この光学系の物像間の倍率は0.1891である。

【0120】なお、上記コリメータレンズ72は、入射光に位相差を生じさせて回折させる、いわゆる表面位相型のホログラムレンズであり、その光入射側の開口数NAは0.16とされている。

【0121】このコリメータレンズ72は、透過光に位相差が生じるように、レンズ表面に機械加工が施される。すなわち、このコリメータレンズ72は、レンズ表面に機械加工が施されることにより、透過光に位相差が生じるようになされており、これにより、光の回折を生じさせる。そして、本実施例の光学系では、このコリメータレンズ72によって回折されてなる1次回折光が、開口絞り73を介して対物レンズ71に入射するようになされている。

【0122】なお、このコリメータレンズ72は、表面

なお、上記式(8)において、ΔLは、コリメータレンズ43の移動量であり、光ディスク60から遠ざかる方向を正としている。また、Δtは、光ディスク60の光透過層60bの厚み誤差である。

【0116】<実施例2>本実施例の光学系を図15に示す。この光学系は、基板70aの表面に記録層が形成され当該記録層上に光透過層70bが形成されてなる光ディスク70に対して記録再生を行う際に使用される光学ヘッドの光学系の要部であり、光源と対物レンズ71との間に、ホログラムレンズからなるコリメータレンズ72と、開口絞り73とが配されてなる。

【0117】この光学系のレンズデータを表2に示す。なお、表2では、この光学系のレンズデータについて、物体面をO B J、コリメータレンズ72の光入射面をs 1、コリメータレンズ72の光出射面をs 2として示している。また、s 3はダミー面であり、S T Oは、対物レンズ71に対応した開口絞り73である。

【0118】

【表2】

形状がブレード形状(すなわち鋸の歯のような形状)とされていることが好ましい。表面形状をブレード形状とした場合には、入射光のうちの100%近くが1次回折光となるので、高い光利用効率を得られる。

【0123】そして、このコリメータレンズ72の特性は、下記式(9)に示す位相差関数で表される。

【0124】

$m = C_1 R^2 + C_2 R^4 + C_3 R^6 + C_4 R^8 \quad \dots (9)$
上記式(9)は、表面位相型のホログラムレンズであるコリメータレンズ72の製造時に2つの点光源が無窮遠にあるとしたときの各面での位相ずれを、基板上の極座標多項式で表したものであり、mは回折基準波長での光路差を示している。また、本実施例で用いるコリメータレンズ72は、位相差関数が軸対象となるホログラムレンズであり、上記式(9)において、Rは光軸からの距離を示している。そして、表2におけるC₁、C₂、C₃、C₄は、このコリメータレンズ72について、回折基準波長を735nmとしたときの位相差関数の各係数を示している。

(13)

【0125】以上のような光学系について、光透過層70bの厚み誤差と、波面収差との関係を図16に示す。なお、図16においても、図14と同様に、波面収差については、射出瞳面上での標準偏差WF Ermsを、使用する光の波長を λ として示している。また、図16において、実線A4は、点線A5に示すように光透過層70bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ72を動かした場合（すなわち、球面収差の補正を行った場合）について、光透過層70bの厚み誤差と波面収差との関係を示している。

【0126】図16に示すように、光ディスク70の光透過層70bに厚み誤差がない場合、この光学系において、波面収差は約0.003 λ である。そして、図から分かるように、光透過層70bの厚み誤差に応じてコリメータレンズ72を動かすことにより、光透過層70bの厚み誤差によって発生する波面収差が大幅に抑制される。具体的には、図16から分かるように、光透過層70bの厚さにばらつきがあったとしても、下記式(10)に示すようにコリメータレンズ72を移動させることで、波面収差を抑制することができる。

$$\text{【0127】 } \Delta L \approx 14 \Delta t \quad \cdots (10)$$

なお、上記式(10)において、 ΔL は、コリメータレンズ72の移動量であり、光ディスク70から遠ざかる方向を正としている。また、 Δt は、光ディスク70の光透過層70bの厚み誤差である。

【0128】ところで、実施例1及び実施例2のようにコリメータレンズを移動させると、レンズ間に偏心が生じたり、レンズ面に傾きが生じたりする恐れがある。このような偏心や傾きはコマ収差や非点収差の原因となり、これらのコマ収差や非点収差があまりに大きくなると、システムが破綻してしまう。しかし、実施例1及び実施例2の光学系では、コリメータレンズの光入射側の開口数NAが小さいので、レンズ間の偏心やレンズ面の傾きの影響を受け難い。具体的には、これらの光学系では、30 μm 程度の偏心や0.1°程度の傾きまでならば、コマ収差や非点収差の発生量は十分に少なく、実用上問題はない。

【0129】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によれば、フォーカスエラー信号から簡単に光透過層の厚みを検出することができる。そして、本発明によれば対物レンズの開口数NAを大きくしても、光透過層の厚み誤差に起因する球面収差を低く抑えることが可能となる。従って、本発明によれば、光透過層の厚み誤差の公

差を大きく許容したまま、情報記録媒体の製造原価を上げることなく、情報記録媒体の高記録密度化及び大容量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した光学ヘッドの一例を示す図である。

【図2】図1の光学ヘッドで使用されているホログラム素子の一例を示す平面図である。

【図3】図1の光学ヘッドで使用されているホログラム素子の一例を示す断面図である。

【図4】0次光及び1次光が光ディスクに入射する様子を拡大して示す図である。

【図5】非点収差を説明する図である。

【図6】非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

【図7】非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

【図8】非点収差法における光検出器の受光部の一例を示す図である。

【図9】フォーカスエラー信号に現れるS字曲線を示す図である。

【図10】図1の光学ヘッドで使用されている2軸アクチュエータの一例を示す平面図である。

【図11】図1の光学ヘッドで使用されている2軸アクチュエータの一例を示す側面図である。

【図12】本発明を適用した記録及び／又は再生装置の一例を示す図である。

【図13】実施例1の光学系の概略を示す図である。

【図14】実施例1について、光透過層の厚み誤差と、波面収差と、コリメータレンズの移動量との関係を示す図である。

【図15】実施例2の光学系の概略を示す図である。

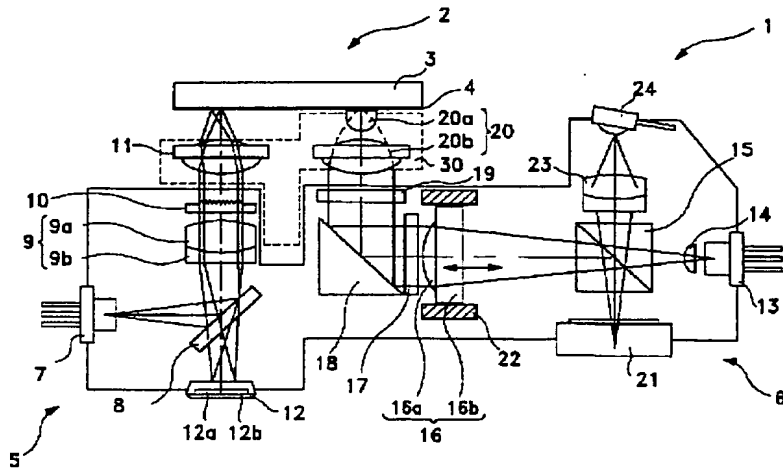
【図16】実施例2について、光透過層の厚み誤差と、波面収差と、コリメータレンズの移動量との関係を示す図である。

【符号の説明】

1 光学ヘッド、 2 光ディスク、 3 基板、 4 光透過層、 5 第1の光学系、 6 第2の光学系、 7、13 光源、 8 ビームスプリッタ、 10 ホログラム素子、 11 対物レンズ、 15 偏光ビームスプリッタ、 9、16 コリメータレンズ、 17 回折格子、 19 1/4波長板、 20 2群対物レンズ、 22 アクチュエータ、 30 2軸アクチュエータ、 12、21 光検出器

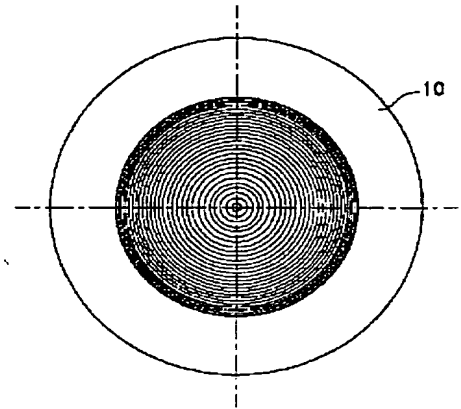
(14)

【図1】

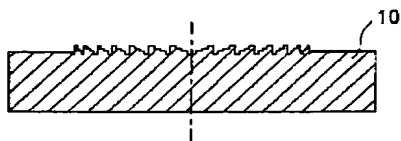


光学ヘッドの一構成例

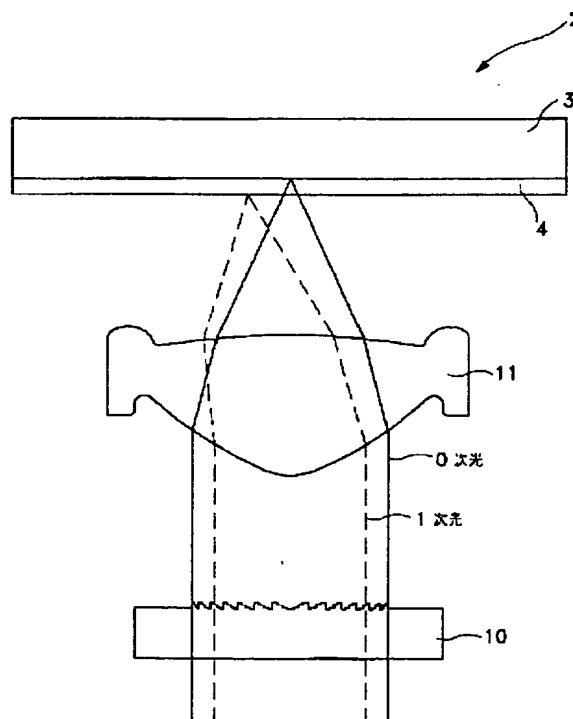
【図2】



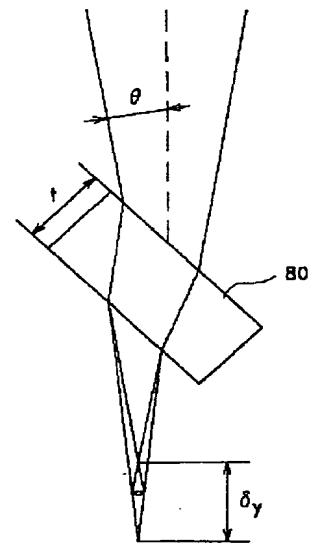
【図3】



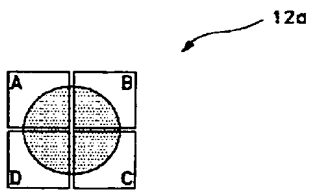
【図4】



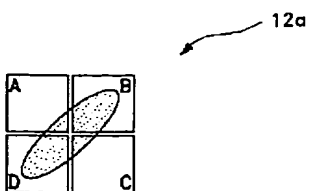
【図5】



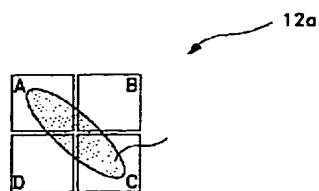
【図6】



【図7】

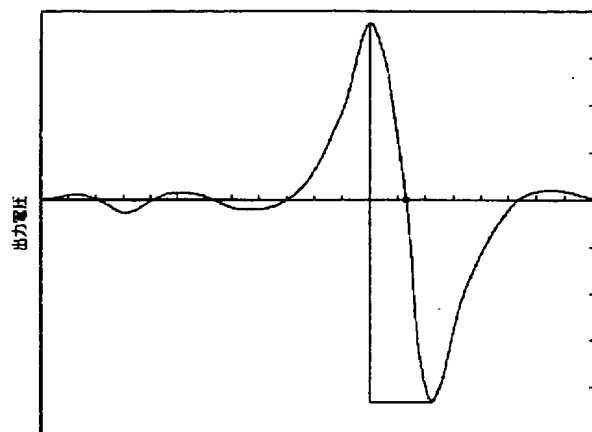


【図8】



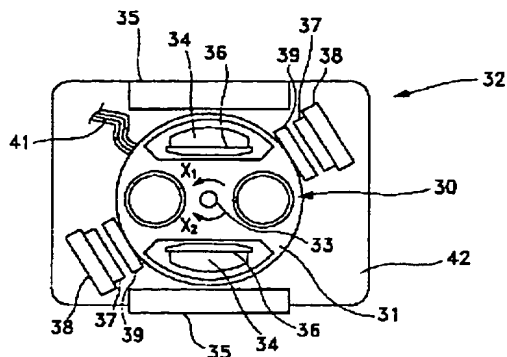
(15)

【図9】



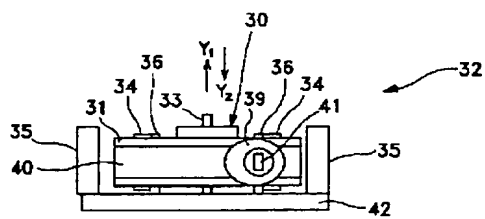
フォーカスずれ量

【図10】



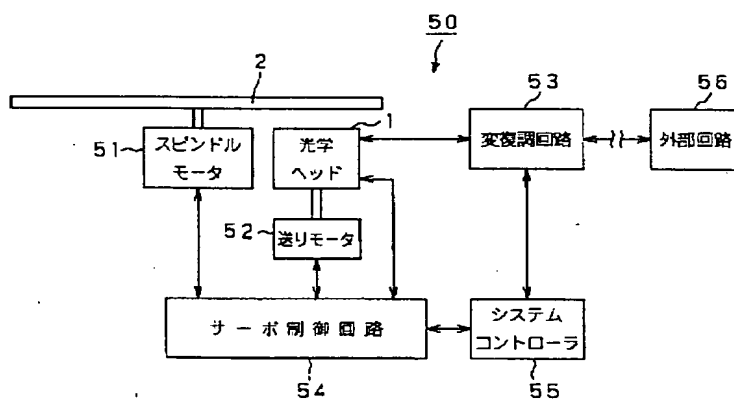
ボビン及び電磁駆動機構の平面図

【図11】



ボビン及び電磁駆動機構の側面図

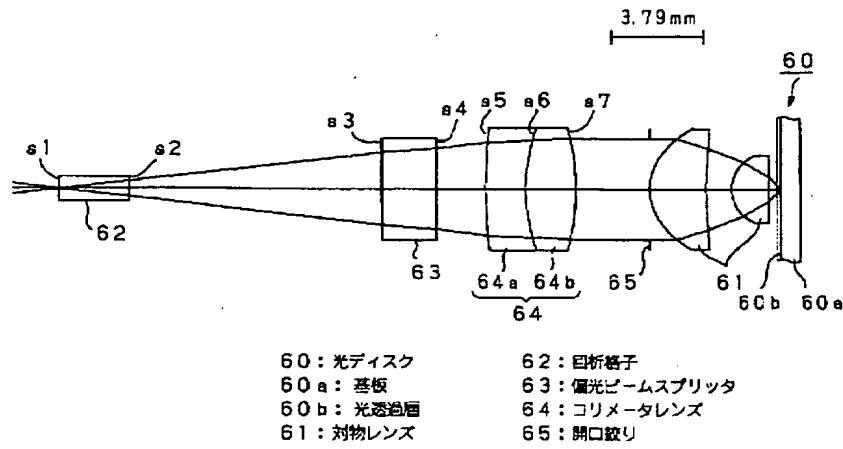
【図12】



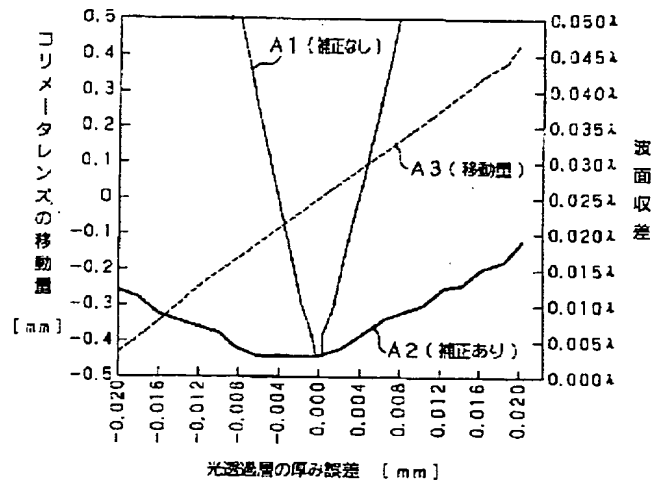
2: 光ディスク
50: 記録再生装置

(16)

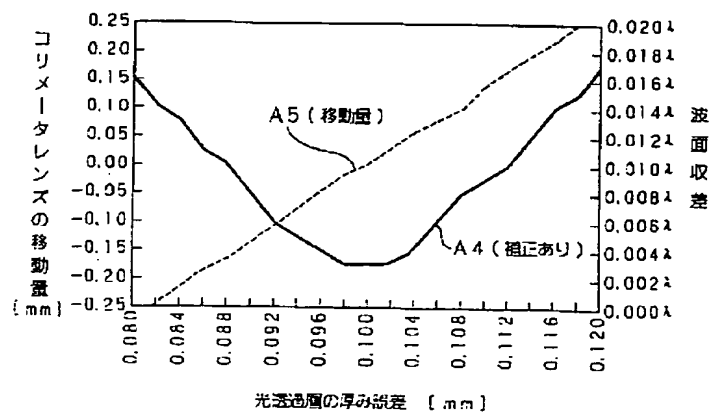
【図13】



【図14】

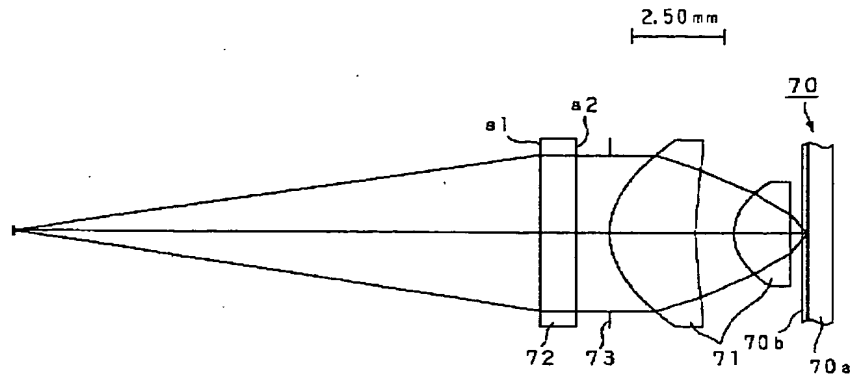


【図16】



(17)

【図15】



70: 光ディスク 71: 対物レンズ
 70a: 基板 72: ホログラムレンズ
 70b: 光透過層 73: 開口絞り

フロントページの続き

(72) 発明者 植田 充紀
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内
 (72) 発明者 阿部 嗣弘
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
 ー株式会社内

Fターム(参考) 5D118 AA13 AA16 BA01 BB02 BB07
 BF02 BF03 CC12 CD02 DA20
 DB00 DC03
 5D119 AA09 AA21 AA22 BA01 BB01
 BB04 CA12 DA01 DA05 EA03
 EC01 EC40 JA14 JA44 JA49